

## Az NPK-tápanyagellátás hatása az őszi búza kén tartalmának és -felhalmozásának dinamikájára

LÁSZTITY BORIVÓJ

MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest

Hazai viszonylatban közismert a N-, P- és K-műtrágyázás jelentősége a mezőgazdasági termelés növelésében, viszont a kéntrágyázás jelentősége gyakorlatilag elenyésző. Ennek oka, hogy az alkalmazott műtrágyák egy része tartalmaz ként /BIXBY és BEATON, 1970/, továbbá az öntözővíz, a légköri csapadék, valamint a különböző növényvédő szerek közvetítésével is kerül kén a növényekhez, továbbá a hazai talajok S-szolgáltatása többségében elegendőnek bizonyult.

A kén a növények életében egy régóta ismert /LIEBIG, 1859/, meghatározó fontosságú szerkezeti elem. Legnagyobb jelentősége az aminosavak, proteinek, valamint a vitaminok felépítésével van /POTAPOV és FEJÉR, 1956; SARIC és PETROVIC, 1969/. Ennek megfelelően a fehérjében leggazdaságosabb növényi részek tartalmazzák a legtöbb ként. Az egyes növényfajok kénigénye jelentősen eltér egymástól, így a keresztes virágúak /repce, mustár stb./ és a hüvelyesek az igényesek közé, míg a kalászosok a mérsékelt igényes kultúrák közé tartoznak /DELOCH, 1960; HOLFORD, 1971/.

A kén a talajban mind szerves, mind szervetlen formában jelen van. Mennyisége függ a talajképződés tényezőitől, az agyagfrakció, és különösen a szerves anyag mennyiségétől. Magyarország talajai, főleg a nagyobb szervesanyag-tartalmú csernozjom és réti típusok képesek elegendő mennyiségben és megfelelő eloszlásban a növények kénigényét kielégíteni. A talajokban található kén mennyisége általában 0,02 és 0,2 % között fordul elő, de a lép- és szikes talajok esetében ennek többszöröse is kimutatható /STEFANOVITS, 1981/.

A légköri csapadék útján jelentős mennyiségű kén kerül a talajra. KOZÁK és MÉSZÁROS /1971/ mérései szerint ez a mennyiség Magyarországon éves átlagban 23,6 kg S/ha. Egyes iparilag fejlett országokban ez a mennyiség számottevően nagyobb, pl. Németország egyes vidékein meghaladja a 100 kg S/ha/év értéket is. Ez a tendencia az iparosítással párhuzamosan hazánkban is valószínűsíthető.

Általában az alacsony szervesanyag- és agyagtartalommal rendelkező talajokon termesztett növényekben fordul elő kénhiány. Szántóföldi körülmények között kifejezetten kénhiányos növény nem látható, ugyanis a tünetek tekintetében átfedések vannak /pl. a N-hiány hasonló tüneteket mutat, mint a kénhiány /KANWAR és MUDAHAR, 1986/. Az elemhiány kimutatására talaj- és növény-

vizsgálati határértékeket használnak /SAALBACH, 1972; KANWAR és MUDAHAR, 1986/.

Földrajzilag elsősorban Ausztrália, Új-Zéland, Kanada, USA, Irország, Ázsia, Afrika, Latin-Amerika szemi-arid és trópusi talajainál bír nagyobb jelentőséggel a kén a mezőgazdasági termelés növelésében /BROOK, 1979; MITCHEL és BLUE, 1981; SPENCER, 1975/. A hazai agrokémiai kutatásokban a kén a kevésbé tanulmányozott elemek közé tartozik részben a természeti, részben a közgazdasági körülmények következtében. A klasszikusok közül KOSUTÁNY /1913/ felveti egyes talajokon a kéntrágyázás kérdését. Az ötvenes években POTAPOV és FEJÉR /1956/ a növényi kén anyagcsere-kérdéseinek tanulmányozásával foglalkoztak. Sokkal gazdagabb a kéntrágyázás kérdéseivel foglalkozó külföldi irodalom, elsősorban a már említett országokban, földrészekben. VERMA és ABROL /1980/ Indiában gipsz és pirit alkalmazásával az őszi búza szentermését igen alacsonyról 4,2 t/ha-ra növelték. Ausztráliában az ipari létesítményektől távol eső részekben a szulfátrágyázásnak jelentős szerepe van a termések alakulásában /MC LACHAN és DE MARCO, 1968/. Az USA-ban RASMUSSEN és ALLMARAS /1975/ a kéntrágyázás pozitív hatásáról tájékoztat egy szárazidő övezetben, amikor a búza szentermése 2 t/ha-ról 5 t/ha mennyiségre emelkedett. Floridában tanulmányozták az altalaj kén tartalmának felhasználását a növények táplálásában /MITCHEL és BLUE, 1981/. A trópusi országokban végzett kéntrágyázási kísérletekről értékes információkat találunk KANWAR és MUDAHAR /1986/ átfogó könyvében. Európa bizonyos körzeteiben is előfordulhat kénalultápláltság /SAALBACH, 1972/.

A kéntrágyázás hatása következetesen jelentkezik a különböző növények kén tartalmában /DELOCH, 1960/. A növények általában 0,1-0,3 % S-koncentrációval rendelkeznek, amely a levelekben felmehet a 2 %-ig is /MALAVOLTA, 1979/. A S-koncentráció a növényen belül őszi búza esetében a szemen a legmagasabb és a gyökérben a legalacsonyabb THOMAS és munkatársai /1950/ adatai szerint. BENTLEY és munkatársai /1955/ az ipari körzetekben és attól távol is mérték az őszi búza S-tartalmát a szemen és a szalmában. Ez az érték az ipari körzetekben minden esetben magasabb volt: a szemen 0,13 % a 0,1 %-kal, a szalmában 0,1 % a 0,05 %-kal szemben. A kén- és a nitrogéntrágyázás kölcsönhatását vizsgálva RASMUSSEN és munkatársai /1986/, valamint STEWARD és PORTER /1969/ kimutatták, hogy a kén tartalmakat a N-trágyázás nem, vagy minimálisan befolyásolja mind a szem-, mind a szalmatermésben.

A felvett kén mennyisége őszi búzában a terméstől függően több szerző adatai szerint 5 és 20 kg S/ha között alakul /BEATON, 1966; KANWAR és MUDAHAR, 1986/. Dél-amerikai viszonyok között ez a mennyiség 14 és 23 kg/ha között változott /MALAVOLTA, 1969/. A kénfelhalmozás dinamikáját MASZLOVA /1989/ a többi tápelemhez viszonyítva egyenletesebbnek tartja, ugyanis beéréskor a teljes mennyiség egyharmadát halmozza fel a növény. CURIC /1966/ adatai szerint az őszi búza növényen belül a S-felhalmozódás a fiatal levelekben volt a legintenzívebb, és ez a felhalmozódás a növény korával fokozatosan csökkent valamennyi szervben - a levéltől a gyökérig bezárólag -.

A növény tápláltsági állapotának megítélésénél őszi búzában SAALBACH /1972/, valamint THOMAS és munkatársai /1950/ a bokrosodáskori 0,2-0,3 % S-tartalmat, a N/S arányban a 17 feletti tartják kielégítőnek. A szentermésben a kritikus arány 14,8 értéknek felel meg, szerintük ennél nagyobb a kén táplálás elégtelenségét jelzi.

Ettől lényegesen eltérő határértékekkel /THOMAS et al., 1950/ is találkozunk például BERGMANN és NEUBERT könyvében /1986/, ahol búza esetében a bokrosodáskori kielégítő S-koncentráció 0,7 %. Az arányoknál az eltérések ennél lényegesen kisebbek.

Munkánkban egy hazánkban kevésbé tanulmányozott, de fiziológiailag nagy fontosságú elem - a kén - koncentrációját és felhalmozásának dinamikáját vizsgáltuk a NPK-műtrágyázás függvényében őszi búza növényben, adatokat szolgáltatva a növény táplálás biológiai sajátosságainak megismeréséhez hazai ökológiai körülmények közepette.

## Anyag és módszer

A szabadföldi trágyázási kísérletet 1981 őszén állítottuk be egy mész-lepedékes csernozjom talajon az MTA TAKI Nagyhorcsúki Kísérleti Telepén. A kísérlet talajának néhány fontosabb talajtani-agrokémiai jellemzője: Humusz 3,5 %;  $\text{CaCO}_3$  átlag: 6,3 %; pH/KCl/: 7,8; leiszapolható rész  $<0,02 \text{ mm}/40\%$ ; a talaj eredeti AL-P és AL-K-ellátottsága a hazai kategóriák szerint gyenge, illetve közepesnek mondható. A trágyázási kezelésekben /1. táblázat/ a fel-

### 1. táblázat

A műtrágyázás hatása az őszi búza kéntartalmára /S %/  
/Nagyhorcsók, 1982. Mv-8. fajta. Teljes föld feletti rész/

Kezelés jele	/2/		/3/			/4/		/5/		/6/		/7/	
	Bokrosodás		Szárbaindulás			Kalá- szolás		Virágzás		Tejes érés		Teljes érés	
	ápr. 6.	ápr. 16.	ápr. 26.	máj. 6.	máj. 17.	máj. 27.	jún. 7.	jún. 17.	jún. 28.	/8/ Szem	/9/ Szalma		
1. $\emptyset$	0,25	0,25	0,24	0,24	0,24	0,15	0,10	0,09	0,08	0,11	0,07		
2. N	0,28	0,31	0,29	0,31	0,27	0,25	0,19	0,16	0,14	0,12	0,06		
3. $\text{P}_1\text{K}_1$	0,31	0,26	0,23	0,20	0,17	0,19	0,15	0,12	0,10	0,13	0,09		
4. $\text{NP}_1$	0,34	0,35	0,35	0,34	0,27	0,23	0,17	0,14	0,11	0,12	0,11		
5. $\text{NK}_1$	0,29	0,30	0,29	0,31	0,24	0,25	0,17	0,14	0,11	0,12	0,10		
6. $\text{NP}_1\text{K}_1$	0,32	0,35	0,31	0,28	0,22	0,15	0,11	0,09	0,08	0,11	0,09		
7. $\text{NP}_2\text{K}_2$	0,35	0,34	0,35	0,27	0,20	0,19	0,16	0,12	0,11	0,18	0,09		
a/ $\text{SzD}_5\%$	0,01	0,01	0,02	0,02	0,04	0,02	0,01	0,01	0,01	0,03	0,02		
b/ Átlag	0,31	0,31	0,29	0,28	0,23	0,20	0,15	0,12	0,10	0,13	0,08		
%	100	100	95	90	74	66	49	40	34	42	24		

N = 200 kg N/ha;  $\text{P}_1$  = 500 és  $\text{P}_2$  = 1000 kg  $\text{P}_2\text{O}_5$ /ha;  $\text{K}_1$  = 500 és  $\text{K}_2$  = 1000 kg  $\text{K}_2\text{O}$ /ha

töltő N- és PK-adagok kombinációit alkalmaztuk. Műtrágyaként pétisót /28 % N/, szuperfoszfátot /17 %  $\text{P}_2\text{O}_5$ / és kálisót /60 %  $\text{K}_2\text{O}$ / használtunk. A szuperfoszfát 13,9 % ként tartalmazott. A növénymintákat parcellánként tavasztól betakarításig általában tíznaponként szedtük /0,5 m<sup>2</sup> felületről a teljes föld feletti részt/, összesen tíz alkalommal a fejlődés különböző szakaszaiban /1. táblázat/. Megfelelő előkészítés után sósavas hidrolízist követően a méréseket ICP készülékkel határozták meg a Hajdú-Bihar megyei Növényvédelmi és Agrokémiai Állomáson. Az adatok biometria felmérését variancia- és regresszió-analízissel végeztük.

A felhalmozási dinamika tanulmányozásához, a törvényszerűségek megismeréséhez a BICZÓK és munkatársai /1982/ által kidolgozott fenodinamikai modellt alkalmaztuk. A kísérlettel kapcsolatos egyéb körülményekről az előző közleményünkben számoltunk be /LÁSZTITY, 1987; 1987-1988/.

## A kísérleti eredmények

Az egyes kezelésekben az egyes fenofázisokban mért S-koncentrációkat és azok átlagait az 1. táblázatban mutatjuk be. Az N-, NP- és NPK-kezelésekben a teljes érésig bezárólag több esetben szignifikáns koncentráció-növekedést figyelhetünk meg a kontrollhoz viszonyítva. A vegetatív fejlődés, a növekedés időszakában a maximális értékeket az NP-, míg a generatív szakaszban a N-kezelésekben mértük. A teljes érés fenofázisában a szemtermés

koncentrációi meghaladták a szalmatermésben található koncentrációkat. A szalmában a műtrágyázás hatása a foszforral trágyázott kezelésekben igazolható, viszont a szemtermésben csupán egy kezelésben /a nagyadagú NPK esetében/ volt szignifikáns.

A koncentráció-változás dinamikáját tekintve a trend - mind az egyes kezelésekben, mind azok átlagaiban - csökkenés. A bokrosodáskori koncentrációt 100-nak véve, a vegetáció végére a teljes érés fenofázisában annak átlagosan 36 %-át mértük a bekövetkezett hígulás eredményeképpen. Az egyes kezelésekben a csökkenés mértékében nagy különbségeket nem találtunk, a két szélsőérték 31 és 38 % volt. Irodalmi adatokkal összevetve az általunk mért koncentráció-adagok azoknál alacsonyabbak vagy közeleiek voltak.

A kén fiziológiai - a fehérjeszintézisben betöltött - szerepe folytán az irodalom /KANWAR és MUDAHAR, 1986; SAALBACH, 1972; RASMUSSEN et al., 1975; STEWARD és PORTER, 1969/ a kölcsönhatás miatt a harmonikus növénytáplálás érdekében fontosnak tartja a megfelelő N/S arányok biztosítását. Az előző közleményben /LÁSZTITY 1987-1988/ közölt N-koncentrációk és a jelenlegiben szereplő kén % adatokból számított arányokat a 2. táblázatban mutatjuk be.

Az egyes műtrágyakezelések N/S arányai között az eltérések jelentősen kisebbek, mint az elemtartalmak között, elsősorban a vegetatív fejlődési szakaszban. A generatív fázisban főként a szem- és szalmatermés N/S arányai mutatnak jelentősebb eltéréseket. Az ellátottságra vonatkozó irodalmi határértékeket használva a zöldnövényben 17-nél kisebb értékeket találtunk, ami nem jelzett kénhiányt, ugyanakkor a szemtermésben az irodalomban közölt 14,8 értéknél nagyobbakat kaptunk, ami N-túlsúlyt és kénhiányt jelez valamennyi műtrágyázási kezelésben. Az adaptáláshoz további vizsgálatok szükségesek.

Az őszi búza kénfelhalmozását kezelésként, mintavételként, valamint azok átlagait a 3. táblázatban foglaltuk össze. Kiegészítésül feltüntettük a szárazanyag-felhalmozás adatait abszolút értékben és százalékban az összevetés lehetőségének biztosítása céljából.

A műtrágyázás hatását vizsgálva, az adatokból jól látható, hogy a legnagyobb hatás a vegetatív fejlődés időszakában az NP- és NPK-kezelésekben, míg a generatív szakaszban a N-kezelésben mutatkozott a teljes érés kivételével. Az NP- és NPK-kezelésekben a trágyázatlan kezeléshez viszonyítva minden időpontban statisztikailag igazolható többleteket lehetett kimutatni.

## 2. táblázat

Az NPK műtrágyázás hatása az őszi búza N/S tápanyagarányok változására a tenyészidő folyamán

/Nagyhőrcsök, 1982. Mv-8. őszi búza, teljes föld feletti rész/

/1/ Kezelés jele	/2/ Bokrosodás		/3/ Szárbaindulás			/4/ Kalá- szolás		/5/ Virágzás		/6/ Tejes érés	/7/ Teljes érés	
	ápr. 6.	ápr. 16.	ápr. 26.	máj. 6.	máj. 17.	máj. 27.	jún. 7.	jún. 17.	jún. 28.	júl. 8.	júl. 15.	Szem Szalma
1. Ø	15,2	15,5	15,1	14,3	10,9	12,7	16,1	15,9	21,1	17,6	5,1	
2. N	15,7	13,9	11,6	14,4	12,8	9,7	10,2	12,2	12,6	18,4	9,3	
3. P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	13,1	12,9	12,6	13,6	11,4	8,5	8,3	12,0	12,9	14,2	3,7	
4. NP <sub>1</sub>	14,9	14,3	12,8	11,4	9,8	9,5	10,5	13,4	17,4	19,5	4,5	
5. NK <sub>1</sub>	15,2	15,0	15,0	14,0	12,7	9,7	12,5	13,9	14,5	13,8	4,8	
6. NP <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	15,9	14,1	13,6	14,0	12,4	13,8	15,4	21,2	20,4	20,5	5,4	
7. NP <sub>2</sub> K <sub>2</sub>	14,5	14,2	12,4	14,0	14,2	11,5	11,4	15,0	16,4	12,3	5,4	
a/ Átlag	14,9	14,3	13,3	13,7	12,0	10,8	12,1	14,8	16,5	17,3	5,5	

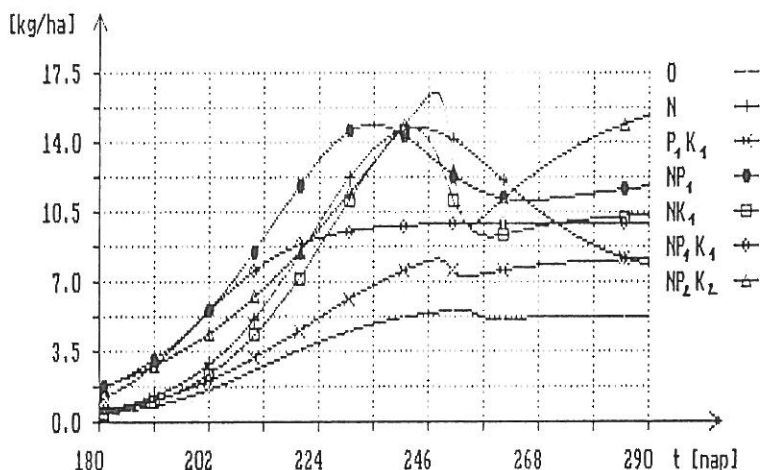
3. táblázat

A műtrágyázás hatása az őszi búza kénfelvételére /kg/ha/  
/Nagyhőrsők, 1982. MV-8. fajta. Teljes föld feletti rész/

/1/	/2/		/3/		/4/		/5/		/6/		/7/	
	Bokrosodás		Szárbaingulás		Kalá- szolás		Virágzás		Teljes érés		Teljes érés, júl. 15.	
Kezelés jele	ápr. 6.	ápr. 16.	ápr. 26.	máj. 6.	máj. 17.	máj. 27.	jún. 7.	jún. 17.	jún. 28.	összes	Szem	Szalma
1. $\emptyset$	0,87	1,06	1,24	2,19	4,39	4,34	5,10	5,60	5,03	5,29	3,28	2,01
2. N	1,29	2,03	2,53	4,56	8,43	12,50	14,92	13,27	12,67	8,06	5,20	2,86
3. $P_1^{K_1}$	1,51	1,88	1,88	2,59	3,86	6,42	8,28	7,48	7,55	8,01	4,64	3,37
4. $NP_1$	1,85	3,14	5,20	8,56	12,38	14,09	14,48	12,50	10,92	11,77	6,08	5,69
5. $NK_1$	1,07	1,48	1,77	3,93	7,30	11,09	14,75	11,07	9,81	9,86	5,02	4,84
6. $NP_1^{K_1}$	1,67	2,94	5,05	6,79	10,46	9,63	10,19	8,60	8,72	11,38	6,23	5,15
7. $NP_2^{K_2}$	2,16	2,96	4,54	6,32	7,81	11,36	15,24	12,45	11,33	14,78	9,74	5,04
a/ $SzD_{58}$	0,35	1,00	1,44	2,09	2,29	3,28	2,75	2,54	2,53	3,19	2,14	1,38
b/ Átlag	1,49	2,21	3,17	4,99	7,81	9,92	11,85	10,14	9,44	9,89	5,63	4,26
%	13	19	27	42	66	84	100	85	80	83	57	43
c/ Száraz anyag, t/ha	0,47	0,70	1,03	1,74	3,37	4,82	7,64	8,10	8,98	9,32	4,44	4,88
%	5	8	11	19	36	52	82	87	96	100	47	53

ni. Ez a hatás a teljes érés szakaszában és magában a szemtermésben is jól nyomon követhető.

A felhalmozás dinamikáját vizsgálva - a kezelések átlagában - a maximumot a búza a virágzás fenofázisában érte el, ezután a teljes érésig 15-20 %-os tápelemvesztés következett be, ami többségében a levélvesztéssel magyarázható. A felhalmozás intenzív szakasza a szárbaindulás és a kalászosítás fenofázisaira esett. A kén- és a száraanyag-felhalmozás dinamikáját összevetve jól látható, hogy a kénfelhalmozás gyorsabb ütemben ment végbe és a vegetatív növekedési szakaszban 10-30 %-kal volt gyorsabb a száraanyagnál. Az egyes kezeléseknél a menetben eltérések mutatkoztak pl. a PK-, NPK-keze-



1. ábra

Az őszi búza kénfelhalmozása. /Nagyhörcsök, 1982. Mv-8. fajta/

4. táblázat

A modell és az illesztés paraméterei

/1/ Kezelés jele	A	B	Tg	R	S	Ts	R <sup>2</sup> %	P %
1. $\emptyset$	5,863	0,07802	214	0,579	1,00000	256	95,74	xxx
2. N	34,774	0,07798	229	27,863	0,07430	248	98,98	xxx
3. $P_1K_1$	9,644	0,06652	222	1,400	1,00000	250	96,38	xxx
4. $NP_1$	33,832	0,06343	227	21,541	0,11424	243	99,55	xxx
5. $NK_1$	19,943	0,08000	227	9,477	0,37156	249	99,33	xxx
6. $NP_1K_1$	9,946	0,10392	200	-	-	-	91,06	xxx
7. $NP_2K_2$	26,286	0,04799	235	9,149	1,00000	251	99,63	xxx

A = a maximális felhalmozás értéke; B = a növényi fejlettségből eredő felvételi gyorsulás; Tg = a felhalmozás inflexió pontja /vegetációs nap/; R = a tápelemvesztés értéke /talajfelszín ill. a felszín alá történő visszahelyeződés/; S = az öregedés által indukált tápelemvesztés gyorsulásának illetve tompításának mértéke; Ts = a tápelemvesztés /reflux/ inflexió pontja /vegetációs nap/; R<sup>2</sup> = determinációs koefficiens; P % = valószínűségi szint  
xxx = 0,1 %.

lésekben a tápelemvesztés minimális /gyakorlatilag hibán belüli/, ugyanakkor a N- és NK-kezeléseknél a tápelemvesztés jelentős, 30-40 %-os nagyságot is elérte. A maximumokat egy kezelés kivételével a virágzás időszakában mértük.

A felhalmozás dinamikájának tanulmányozásához a módszertani részben említett fenodinamikai modellt alkalmaztuk. A görbék lefutását kezelésként a mérési időpontok megjelölésével az 1. ábrán szemléltetjük. A modell kontrollálása céljából elvégeztük az összefüggésvizsgálatokat, paramétereit a 4. táblázatban mutatjuk be. Az adatok jól bizonyítják az összefüggések szorosságát, alátámasztva a modell alkalmazhatóságát.

## Összefoglalás

Szabadföldi NPK-műtrágyázási kísérletben mészelepedékes csernozjom talajon vizsgáltuk a kezelések hatását az őszi búza teljes föld feletti részében a kén tartalomra, N/S arányokra és a felhalmozásra a tenyészidő folyamán. A felhalmozás dinamikáját egyszerű biomatematikai modellel is leírtuk, használhatóságát ellenőriztük. A mintákat a vegetáció tavaszi megindulásától a betakarításig általában tíznaponként, összesen tíz alkalommal 0,5 m<sup>2</sup> teljes föld feletti részét vettük. A vizsgálat során kapott eredményeket a következőkben foglaljuk össze:

- Az őszi búza teljes föld feletti részében a kén koncentrációja a műtrágyázástól függetlenül csökkenést mutatott a tenyészidő végéig.

- A N-, NP- és NPK-kezelések a kontrollhoz viszonyítva a szuperfoszfátban található kén és a pozitív NxS kölcsönhatás eredményeképpen szignifikánsan növelte a S-koncentrációkat.

- A N/S arány a tenyészidő folyamán átlagosan 11 és 16 között mozgott. Az irodalmi határértékeket adaptálni nem lehetett, mivel a terméssel nem voltak összhangban.

- A S-felhalmozás az őszi búza föld feletti részében gyakorlatilag a vegetatív fejlődés időszakára korlátozódott, és általában a virágzás fenofázisában érte el maximumát.

- A műtrágyázás valamennyi fenofázisban szignifikánsan növelte a kén felhalmozását eleinte az NP- és NPK-kezelésekben, majd a generatív szakaszban a N- és NK-kezelések esetében. Teljes éréskor a felhalmozott kén nagyobb része a szemtermésben található.

- A felhalmozás dinamikáját a műtrágyázás befolyásolta, így leépüléssel és leépülésmentes típus is előfordult.

- A fenodinamikai modellel segítségével az őszi búza föld feletti részében a S-felhalmozás megbízhatóan leírható, használhatósága igazolható.

## Irodalom

- BEATON, J. D., 1966. Sulfur requirements of cereals, tree fruits, vegetables and other crops. Soil Sci. 101. 267-282.
- BENTLEY, C. F., HOFF, D. J. and SCOTT, D. B., 1955. Fertilizer studies with radioactive sulfur. Can. J. Ag. Sci. 35. 264-281.
- BERGMANN, W. and NEUBERT, P., 1976. Pflanzendiagnose und Pflanzenanalyse. VEB G. Fischer Verlag, Jena.
- BICZÓK Gy., BÉKÉSSY, A. és RUDA M., 1982. Szántóföldi növények tápelemfelvételi dinamikájának modellezése. In: Neumann Számítógéptud. Társ. XI. Kollokviuma /Szerk: GYÖRI I. et al./ 127-131. Szeged.
- BIXBY, D. W. and BEATON, J. D., 1970. Sulfur containing fertilizers: Properties and application. Techn. Bull. No. 17. The Sulfur Inst. Washington, D. C.
- BROOK, R. A., 1979. Sulfur in agriculture. Abstr. Trop. Agric. 5. 9-15.
- CURIC, R., 1966. Proucavanje dinamike usvajanja, kretanja i nakupljanja hranljivih elemenata N, P, K, Ca, S, Fe i Na u toku porasta i razvica psenice. Arh. za poljopr. nauku. XIX. 66-101.



- DELOCH, H. W., 1960. Über die analytische Bestimmung des Schwefels in biochemischen Substanzen und die Schwefelaufnahme durch landwirtschaftliche Kulturpflanzen in Abhängigkeit von der Düngung. Diss. d. Landw. Fakultät, Giessen.
- HOLFORD, I. C. R., 1971. Comparative requirements of sulfur cereals and legumes. Austr. J. Agric. Res. 22. 879-884.
- KANWAR, J. S. and MUDAHAR, M. S., 1986. Fertilizer sulfur and food production. Martinus Nijhoff. Dr. W. Junk Publishers. Dordrecht.
- KOSUTÁNY T., 1913. A kén terméshozzájárulása. Köztelek. 13. 193-204.
- KOZÁK M. és MÉSZÁROS E., 1971. Magyarországi csapadékvizek kémiai összetétele és mezőgazdasági jelentősége. Agrokémia és Talajtan. 20. 329-352.
- LÁSZTITY B., 1987. A műtrágyázás és a szervesanyag-termelés dinamikája őszi búzánövényben. Növénytermelés. 36. 105-116.
- LÁSZTITY B., 1987-1988. A műtrágyázás hatása az őszi búza tápelemtartalom változására a tenyésztő folyamán. Agrokémia és Talajtan. 36-37. 163-176.
- LIEBIG, J., 1859. Letters on modern agriculture. London.
- MALAVOLTA, E., 1979. Potassio magnesio e enxofre nos solos e culturas Brasileiras. Techn. Bull. No. 4. Intern. Potash Inst. Bern.
- MASZLOVA, I. Ja., 1989. Potreblenie széri jarovoj psenyicej v processze formirovanja urozsaja. Agrohimiya. 5. 67-73.
- MC LACHAN, K. D. and DE MARCO, D. G., 1968. The influence of gypsum particle size on pasture response on a sulfur deficient soil. Austr. J. Exp. Agric. Anim. Husb. 8. 203-208.
- MITCHEL, C. C. and BLUE, W. G., 1981. The sulfur fertility status of Florida soils II. An evaluation of subsoil sulfur on plant nutrition. Proc. Soil and Crop. Sci. Soc. Florida. 40. 77-82.
- POTAPOV N. G. és FEJÉR D., 1956. A kén szerepe a növények életében. I. A növényi kén anyagcsere vizsgálatok helyzete. Agrokémia és Talajtan. 5. 37-46.
- RASMUSSEN, P. E. and ALLMARAS, R. R., 1986. Sulfur fertilization effects on winter wheat yield and extractable sulfur in semiarid soils. Agron. J. 78. 421-425.
- RASMUSSEN, P. E. et al., 1975. Nitrogen sulfur relations in soft white winter wheat II. Initial and residual effect of sulfur application on nutrient concentration, uptake and N/S ratio. Agron. J. 67. 224-228.
- SALLBACH, E., 1972. Über den Schwefelbedarf Landwirtschaftlicher Nutzpflanzen. Landw. Forsch. 27/1. Sonderh. 224-228.
- SARIC, M. i PETROVIC, M., 1969. Uticaj N, P, K, Ca, S i Mg na morfogenezu, sintezu organske materije i na hemijski sastav biljaka. Arh. za poljoprivredne nauke. Sv. 76. 1-14.
- SPENCER, K., 1975. Sulfur requirements of Plants. In: Sulfur in Australian Agriculture. /Ed.: MC LACHAN, K. D. /. 98-116. Sydney Univ. Press. Sydney. Australia.
- STEFANOVITS P., 1981. Egyéb makroelemek. In: Talajtan. 183-185. Mezőgazd. Kiadó. Budapest.
- STEWART, B. A. and PORTER, L. K., 1969. Nitrogen-sulfur relationship in wheat corn and beans. Agron. J. 61. 267-271.
- THOMAS, M. D., HENDRICKS, R. H. and HILL, G. R., 1950. Sulfur content of vegetation. Soil Sci. 70. 9-18.
- VERMA, K. S. and ABROL, I. P., 1980. Effect of gypsum and pyrites on yield and chemical composition of rice and wheat grown in a highly sodic soil. Ind. J. Agric. Sci. 50. 935-942.

Érkezett: 1990. július 10.



# Effect of NPK Nutrient Supplies on the Sulphur Content of Winter Wheat and on the Dynamics of Sulphur Accumulation

B. LÁSZITTY

Research Institute for Soil Science and Agricultural Chemistry of the Hungarian Academy of Sciences, Budapest

## Summary

In a field NPK fertilization experiment on chernozem soil with mycelia of lime the effect of various treatments was studied on the sulphur content, N/S ratio and accumulation in the whole above-ground part of winter wheat during the vegetation period. The dynamics of accumulation was described using a simple biomathematical model, the applicability of which was tested. Samples were taken on a total of 10 occasions, generally every 10 days, from the beginning of the vegetation period in spring until harvesting, each sample consisting of the whole above-ground yield on 0.5 m<sup>2</sup>. The results obtained during the examinations can be summarized as follows:

Irrespective of fertilization, the sulphur concentration in the whole above-ground part of winter wheat showed a decreasing tendency up till the end of the vegetation period. Compared to the control, the N, NP and NPK treatments significantly increased the sulphur concentration due to the sulphur contained in superphosphate and to the positive N/S interaction.

In the course of the vegetation period the N/S ratio fluctuated on average between values of 11 and 16. It proved impossible to adapt the limit values given in the literature as they did not correspond to the yield.

In practice the accumulation of sulphur in the above-ground part of winter wheat is restricted to the period of vegetative development, generally reaching a maximum during the flowering phenophase. In all phenophases, fertilization significantly increased the accumulation of sulphur, to start with in the NP and NPK treatments and later in the generative phase in the case of N and NK. At full ripening the majority of the accumulated sulphur is to be found in the grain yield.

The dynamics of accumulation was influenced by fertilization, so both reflux and reflux-free types were found.

With the aid of the phenodynamic model, the accumulation of sulphur in the above-ground part of winter wheat can be reliably described.

*Table 1.* Effect of fertilization on the sulphur content /S%/ of winter wheat /Nagyhörcsök, 1982. Cultivar Mv8, whole above-ground part/. /1/ No. of treatment. a/ LSD<sub>5%</sub>; b/ Mean. /2/ Tillering. /3/ Shooting. /4/ Heading. /5/ Flowering. /6/ Milky ripening. /7/ Full ripening. /8/ Grain. /9/ Straw.

*Table 2.* Effect of NPK fertilization on changes in the N/S nutrient ratios in winter wheat during the vegetation period /Nagyhörcsök, 1982. Mv 8. winter wheat, whole above-ground part/. /1/-/9/: See Table 1. a/ Mean.

*Table 3.* Effect of fertilization on the sulphur uptake /kg/ha/ of winter wheat /Nagyhörcsök, 1982. Cultivar Mv 8. whole above-ground part/. /1/-/7/: See Table 1. a/ LSD<sub>5%</sub>; b/ Mean; c/ Dry matter, t/ha. /8/ Total. /9/ Grain. /10/ Straw.

*Table 4.* Parameters and equation of the model. /1/ No. of treatment. A: Maximum value of accumulation. B: Acceleration in uptake stemming from the state of development of the plant. T: Point of inflexion of accumulation /day of vegetation/. R: Value of nutrient loss /returned to or below the soil surface/. S: Degree of acceleration or retardation of nutrient loss induced by aging. T<sub>g</sub>: Point of inflexion of nutrient loss /reflux/ /day of vegetation/. R<sup>2</sup>: determination coefficient. P%: level of probability xxx = 0.1%.

*Fig. 1.* S accumulation of winter wheat /Nagyhörcsök, 1982/.